

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft  
**Band:** 87 (1994)  
**Heft:** 1

**Artikel:** L'Ammonito-Rosso Toarcien de la zone ionienne (Epire, Grèce) :  
magnétostratigraphie et biostratigraphie  
**Autor:** Galbrun, Bruno / Mouterde, René / Baudin, François  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-167444>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# L'Ammonitico-Rosso Toarcien de la zone ionienne (Epire, Grèce): Magnétostratigraphie et biostratigraphie

BRUNO GALBRUN<sup>1</sup>, RENÉ MOUTERDE<sup>2</sup>, FRANÇOIS BAUDIN<sup>1</sup>, TANIEL DANELIAN<sup>1,3</sup>  
& JEAN DERCOURT<sup>1</sup>

*Key words:* Ammonitico-Rosso, Toarcian, magnetostratigraphy, ammonite, Ionian Zone, Greece

*Mots clefs:* Ammonitico-Rosso, Toarcien, magnétostratigraphie, ammonite, zone ionienne, Grèce

## ABSTRACT

Magnetostratigraphic results were obtained from three sections of Ammonitico-Rosso Formation in Epirus (Greece). These red nodular limestones display standard magnetic characteristics. Magnetite and haematite as pigment contribute to the natural remanence. The stable characteristic magnetic component was recognized by thermal demagnetization in the range of 350–550°C. Magnetic polarity sequences were established for each section. Few ammonites were found at some levels, mainly in the Middle Toarcian. The conjunction of biostratigraphic and magnetostratigraphic data allow to propose correlations between the sections studied and with the Toarcian ammonitico-rosso limestones section of Iznalloz (Betic Cordillera, Spain). The extension of the Ammonitico-Rosso Formation is variable depending on the sections and does not cover the whole Toarcian stage. The appearance of the "Calcaires à Filaments" Formation succeeding the red nodular limestones seems to be synchronous over the two distinct paleogeographic units studied through the Ionian basin.

## RESUME

Des résultats magnétostratigraphiques ont été obtenus sur trois coupes de la Formation Ammonitico-Rosso d'Epire (Grèce). Ces calcaires onduleux rouges présentent des caractéristiques magnétiques simples. Les minéraux magnétiques contribuant à l'aimantation rémanente naturelle sont une magnétite et une hématite en pigment. L'aimantation stable, caractéristique, est mise en évidence par désaimantation thermique dans l'intervalle 350–550°C. Des séquences de polarité magnétique sont ainsi proposées pour chaque coupe. Des ammonites, essentiellement du Toarcien moyen ont été récoltées sur deux coupes, seul un niveau sur une des coupes a fourni des faunes du Toarcien supérieur. Ces résultats biostratigraphiques et les corrélations magnétostratigraphiques entre les coupes et avec la section d'Iznalloz (Cordillères bétiques, Espagne) permettent de préciser la chronostratigraphie de l'Ammonitico-Rosso ionien. Cette formation ne représenterait qu'une partie du Toarcien, partie variable selon les sous-bassins. L'apparition des Calcaires à Filaments, semble être synchrone dans les deux unités paléogéographiques de la zone ionienne analysées et d'âge Toarcien terminal.

---

<sup>1</sup> Université Pierre et Marie Curie, Département de Géologie Sédimentaire, URA CNRS 1761, 4 place Jussieu, F-75252 Paris Cedex 05

<sup>2</sup> Université Catholique de Lyon, Centre International d'Etudes du Lias, 25 rue du Plat, F-69288 Lyon Cedex 02

<sup>3</sup> Université de Lausanne, Institut de Géologie et Paléontologie, BFSH 2, CH-1015 Lausanne

## 1. Introduction

Les formations de faciès ammonitico-rosso sont largement répandues dans le domaine téthysien à différentes époques du Jurassique (Farinacci & Elmi 1981). Elles s'étendent en fait du Permien terminal au Berriasien inférieur. Elles se présentent sous deux lithologies (Aubouin 1964), (1) principalement des calcaires noduleux rouges en bancs mal stratifiés surmontés parfois de surfaces durcies et, (2) quelquefois sous forme de séries marneuses rouges. Le faciès calcaire se situe plutôt sur les horsts sous-marins, les sommets des blocs basculés. Le faciès marneux se retrouve plutôt sur les pentes des bassins. Les formations ammonitico-rosso traduisent donc des périodes d'instabilité, de distension de marges stables en particulier, et leur datation précise est nécessaire aux reconstitutions géodynamiques et paléogéographiques (Cecca et al. 1993).

Notre étude a été entreprise dans le cadre du programme «G. S. TETHYS» qui avait pour but la synthèse des travaux réalisés dans le domaine téthysien et la publication d'un atlas de 14 cartes paléoenvironnementales du Permien à l'Actuel, 4 ayant été réalisées pour le Jurassique (Dercourt et al. 1993). Dans la perspective de la carte du Toarcien, nous nous sommes intéressés à l'âge précis de la distension de la zone ionienne en Grèce. Cette distension se traduit par un horizon significatif: la Formation Ammonitico-Rosso qui était attribuée au Toarcien-Aalénien (Aubouin 1958, 1959; Bernoulli & Renz 1970; IGRS-IFP 1966; Kottek 1966; Renz 1955). Les ammonites ne sont cependant pas présentes sur toutes les coupes, et une méthode autre que biostratigraphique était nécessaire pour préciser la chronostratigraphie de la série et en particulier pour s'assurer du synchronisme des phénomènes géodynamiques.

La magnétostratigraphie est un outil de corrélation potentiel entre des séries sédimentaires fossilifères et d'autres qui ne le sont que peu ou pas du tout. Sur le Toarcien, de récents résultats magnétostratigraphiques ont été acquis dans le domaine NW européen, en particulier sur le stratotype à Thouars (Galbrun et al. 1988, Galbrun et al., sous presse), et dans le domaine téthysien méditerranéen (Channell et al. 1984; Galbrun et al. 1990; Horner & Heller 1983). Cet étage est désormais l'étage du Jurassique dont la séquence d'inversions de polarité du champ magnétique terrestre est la mieux établie (Galbrun 1993), et une étude magnétostratigraphique peut être tentée avec succès sur des séries toarciennes peu fossilifères.

Cet article présente les résultats magnétostratigraphiques sur trois coupes d'Epire (Grèce), de nouvelles données biostratigraphiques fondées sur des récoltes d'ammonites et une corrélation entre ces deux méthodes.

## 2. Cadre géologique des coupes analysées

La zone ionienne appartient au domaine externe de l'édifice hellénique (Aubouin 1957, 1958; Brunn 1956; Dercourt et al. 1979). Au Mésozoïque elle était partie intégrante du bloc d'Apulie, formant la marge méridionale de la Téthys, accolé à la plaque africaine. Entre la Laurasia et le Gondwana, un seuil – domaine en extension où d'étroits sillons sont séparés par des plates-formes cratoniques – commence à se former (Dercourt et al. 1993). Sur la partie méridionale du bloc d'Apulie s'ouvriront plusieurs petits bassins, le sillon ionien est l'un d'eux, mais ce bloc n'est encore au Jurassique inférieur qu'une plate-forme carbonatée en distension dont l'évolution se traduit par des dépôts devenant de plus en plus pélagiques (IGRS-IFP 1966).

- Au Trias inférieure et moyen des évaporites s'accumulent (Bornovas 1964; Pomoni-Papaioannou & Tsaila-Monopolis 1983).
- Au Trias supérieur (?) – Lias inférieur et moyen se dépose sous faciès néritique le Calcaire de Pantokrator. Son attribution au Trias supérieur n'est que supposée, alors que le Lias inférieur et moyen est fossilifère et bien reconnu.
- Au Lias moyen, le Calcaire de Siniais, essentiellement de faciès mudstone, traduit un approfondissement. Ceci est conforté par quelques niveaux conglomératiques interprétés comme l'amorce d'une distension. Le sommet de cette formation est rapportée au Domérien par des faunes d'ammonites (détermination R. Mousterde *in* IGRS-IFP 1966).
- Au Lias supérieur, la zone ionienne se structure en un sillon composite (Aubouin 1958) interprétée comme une marge stable distensive formée de blocs basculés (Bernoulli & Renz 1970; Dercourt & Thiebault 1977). Dans le fond des bassins se déposent les Schistes à Posidonies Inférieures, formation constituée d'argilites noires et résultant d'une sédimentation en milieu confiné favorisant la conservation de la matière organique (Baudin 1989; Baudin & Lachkar 1990). Sur les pentes des bassins s'accumulent les ammonitico-rosso. Ces calcaires noduleux et marnes rouges sont datés du Toarcien-Aalénien grâce aux ammonites (Aubouin 1959; IGRS-IFP 1966; Kottek 1966; Renz 1955). Cependant les limites de cette formation avec les ensembles lithologiques sus- et sous-jacents sont mal datées et leur synchronisme dans la zone ionienne doit être établi car des lacunes peuvent exister au sommet des blocs basculés.

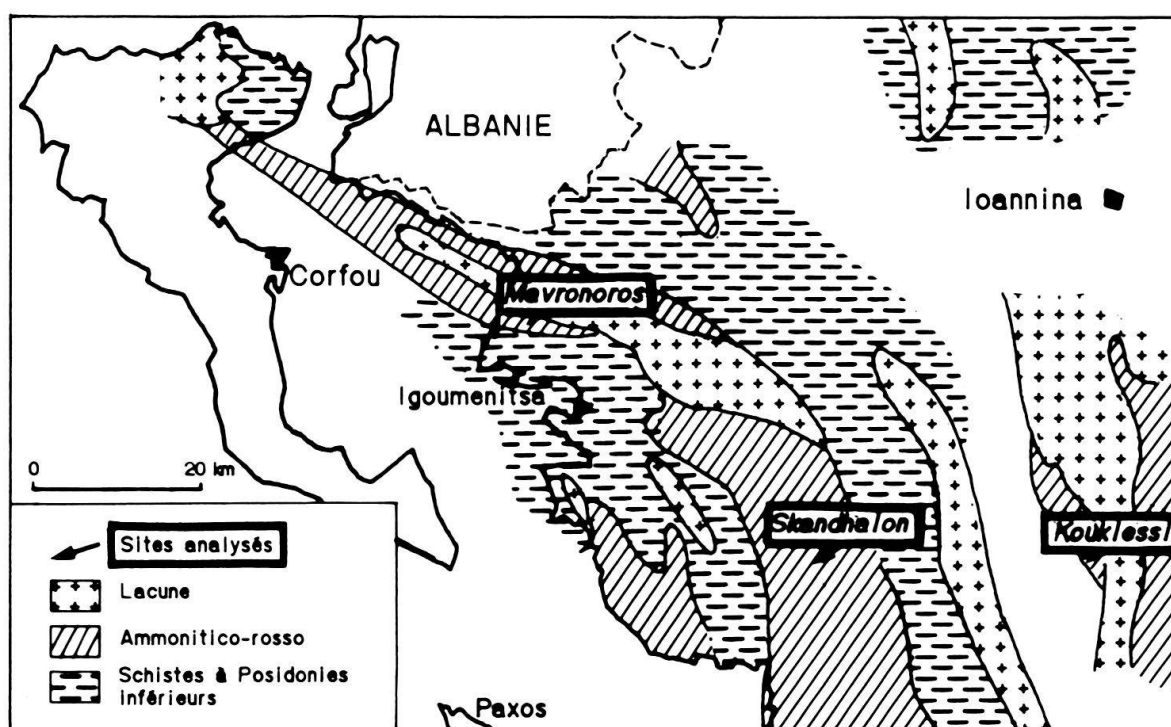


Fig. 1. Localisation des coupes étudiées en Epire. Répartition des faciès ammonitico-rosso et de leur équivalent latéral, les Schistes à Posidonies Inférieures (modifiée d'après IGRS-IFP 1966; Baudin & Lachkar 1990).



- Les attributions chronostratigraphiques des formations sus-jacentes (Calcaires à Filaments, Schistes à Posidonies Supérieurs) ont récemment été précisées, en particulier grâce à l'étude des radiolaires (Danélian 1989; Danélian et al. 1986). Ainsi les Calcaires à Filaments auraient une extension maximale de l'Aalénien au Bathonien. Les niveaux radiolaritiques des Schistes à Posidonies supérieurs se sont déposés jusqu'au Tithonien.

Trois sections ont été analysées au cours de notre étude, d'Ouest en Est: les coupes de Mavron Oros et Skandhalon en zone ionienne externe et la coupe de Kouklessi en zone ionienne moyenne (fig. 1)

La coupe de Kouklessi a déjà été antérieurement décrite et est considérée comme la coupe type du Lias supérieur-Malm ionien (IGRS-IFP 1966). Le profil que nous avons étudié se situe dans le ravin de Gorbiteri au SE du village d'Ano-Kouklessi (39.37°N, 20.84°E). Au dessus du Calcaire de Siniais, calcaire micritique en bancs métriques, vient une formation marneuse gris-bleue, verdâtre, rouge au sommet. Cette formation est intercalée de quelques niveaux bréchiques et de bancs de calcaires noduleux, son épaisseur est difficile à estimer étant donné les conditions d'affleurement, mais doit atteindre une quinzaine de mètres. Aucune macrofaune n'a été trouvée, la microfaune est mal conservée et indéterminable. Au dessus, l'Ammonitico-Rosso *s. s.* est constitué de calcaires noduleux en bancs de 15 à 20 cm, intercalés de marnes rouges. Quelques niveaux pseudobréchiques existent. A cette formation, épaisse d'une douzaine de mètres, succèdent progressivement, par disparition de la couleur rouge, les Calcaires à Filaments (fig. 2).

La coupe de Skandhalon se situe à environ 500 m au Sud du village du même nom (39.36°N, 20.54°E) dans une carrière abandonnée. Le Calcaire de Siniais est coiffée d'une surface durcie. L'Ammonitico-Rosso qui y succède est formé de calcaires noduleux, plus ou moins marneux, rouges, en bancs de quelques centimètres mal stratifiés. La formation est épaisse de 7 à 8 m. La transition avec les Calcaires à Filaments, calcaire micritique en bancs massifs, est nettement marquée (fig. 2).

Mavron Oros est une colline au Nord d'Igoumenitsa (fig. 1) sur laquelle d'anciennes carrières offrent des affleurements de la série du Jurassique (39.57°N, 20.20°E). Les affleurements sont cependant assez discontinus et des levés sur trois paliers de la carrière ont été effectués pour reconstituer la série du Calcaire de Siniais jusqu'aux Calcaires à Filaments. Des redoublements de série dus à des glissements synsédimentaires se rencontrent à la base des Calcaires à Filaments et compliquent l'ensemble. La série est très semblable à celle de Skandhalon, ces deux coupes appartiennent à la même unité paléogéographique, la zone ionienne externe (fig. 1). Au dessus du Calcaire de Siniais, coiffé par une surface durcie vient l'Ammonitico-Rosso calcaire, épais de 8 à 9 m (fig. 2), en bancs minces noduleux intercalés de marnes rouges. La transition aux Calcaires à Filaments est également nette. Nous présenterons les résultats obtenus sur deux des paliers échantillonnés (notés A et B).

### 3. Les données biostratigraphiques

Les ammonites de l'ammonitico-Rosso d'Epire ont déjà été décrites antérieurement (Aubouin 1959; Bernoulli & Renz 1970; Kottek 1966; Renz 1955) et cette formation a été attribuée au Toarcien-Aalénien. Les derniers travaux remontent cependant à plus de

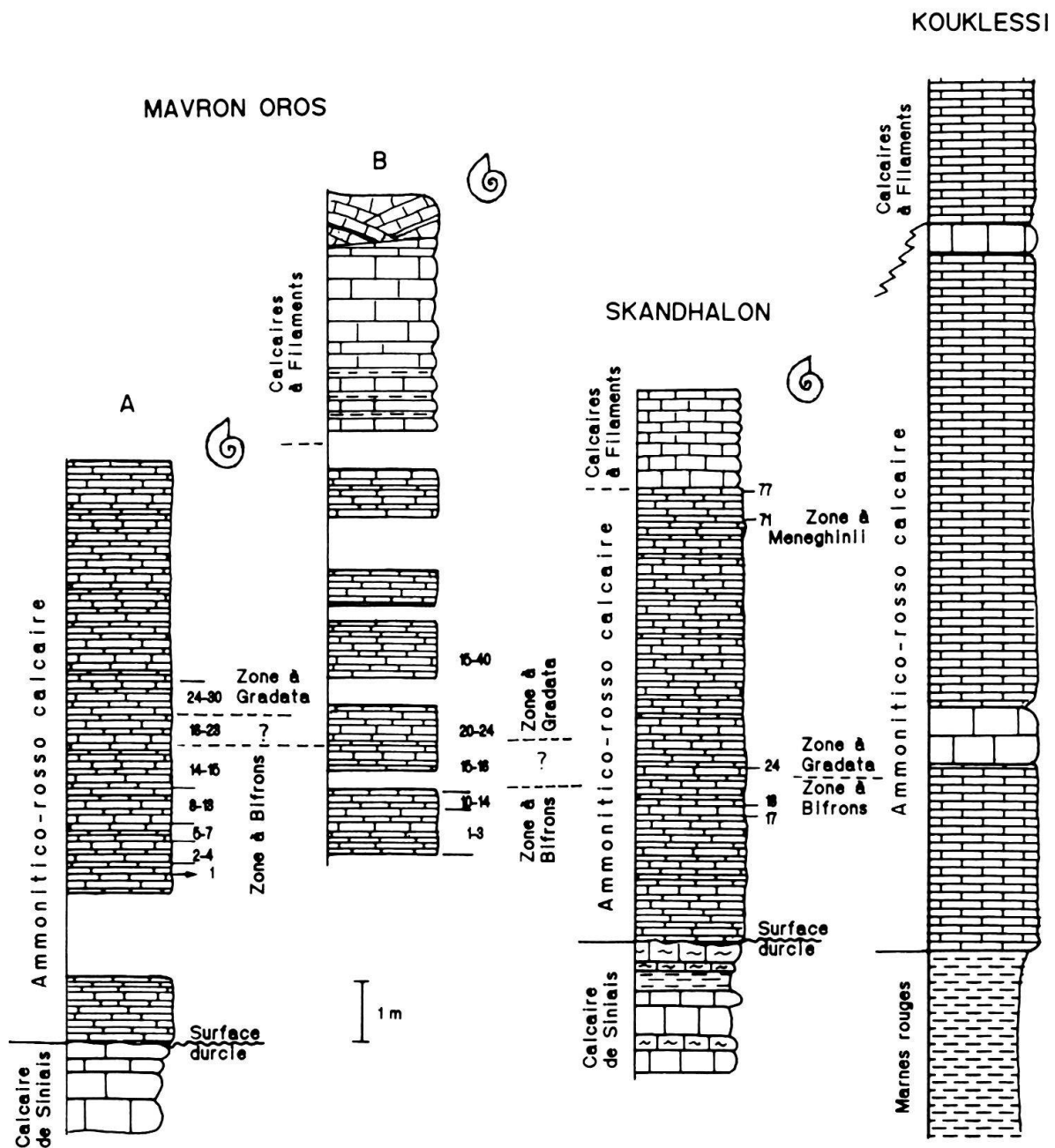


Fig. 2. Lithostratigraphies des coupes étudiées, positions des récoltes d'ammonites et interprétation biostratigraphique.

vingt ans et un regard nouveau pouvait être apporté sur ces faunes d'ammonites, entre autres du point de vue biogéographique (Mouterde & Elmi 1991). Ces travaux ont permis en particulier de faire la synthèse entre les différentes biozonations d'utilisation géographique plus ou moins large, et de proposer un standard sud-téthysien (Elmi et al., sous presse).

Dans les sections que nous avons étudiées les ammonites ne se rencontrent que dans quelques niveaux à l'intérieur de la formation. Dans la coupe de Kouklessi, située en zone ionienne moyenne, les faciès quelques peu différents des coupes de Mavron

Oros et Skandhalon ne nous ont livré aucune ammonite; cependant quelques spécimens avaient été découverts à la base des calcaires noduleux permettant d'attribuer ce niveau à la zone à Bifrons (Horner 1983). Les conditions de récoltes ne nous ont pas permis partout une collecte détaillée banc par banc et nous resterons prudents dans nos interprétations.

La liste des faunes récoltées est donnée ci-dessous, les numéros correspondent aux intervalles échantillonnés et sont reportés sur chaque coupe figure 2. Les attributions zonales sont en conformité avec le standard téthysien récemment établi (Elmi et al., sous presse).

#### Mavron Oros, coupe A:

1. *Calliphyloceras nilsoni* (Hébert) 2 ex., *Phylloceras* sp. 2 ex., *Lytoceras sepositum?* (Men.) 1 jeune ex., *Hildoceras sublevisoni?* Fuc. 1 fragment, *Collina* gr. *gemma* (Bon.)
- 2.-4. *Calliphyloceras nilsoni* (Hébert), *Phylloceras* sp. 2 ex., *Lytoceras* sp., *Phymatoceras* aff. *erbaense* var. *acarnanica* (Renz)
- 5.-7. *Calliphyloceras capitanoi* (Cat.), *Phylloceras* sp. 3 ex., *Polyplectus* sp., *Hildoceras lusitanicum* Meister 4 ex., *Phymatoceras* gr. *elegans* (Merla) 2 ex., *P. erbaense acarnaninca* (Renz), *P. armatum* (Merla), *P. aff. cornucopiae* (Merla), *Nodicoeloceras angelonii* (Rama.), *N. aff. mediterraneum* juv. (Meister) 3 ex.
- 8.-13. *Calliphyloceras nilsoni* (Hébert), *Phylloceras* sp., *Polyplectus pluricostatus* (Haas) 2 ex., *Hildoceras* aff. *lusitanicum* Meister, *Mercaticeras* gr. *mercati* (Hauer) 2 ex.
- 14.-15. *Calliphyloceras* sp., *Mercaticeras* gr. *mercati* (Hauer) 4 ex., *Hildoceras* aff. *bifrons* (Brug.), *Phymatoceras* sp. fragment
- 16.-23. *Phylloceras* sp. 2 ex., *Hildoceras* gr. *bifrons* (Brug.) 2 ex., *Phymatoceras cornucopiae* (Merla) 4 ex., *P. pulchrum* (Merla) 4 ex., *Nodicoeloceras* sp. aff. *choffati* (Meister) in Pinna, *Harporoceras subexaratum* Bon.
- 24.-30. *Pseudomercaticeras* aff. *canavarii* (Franc.), *P. aff. rotaries* Merla, *Phymatoceras* aff. *caroli* Merla, *P. aff. thyrrenicum* (Fuc.) 2 ex.

Les faunes récoltées dans les niveaux 1 à 15 correspondent à la zone à Bifrons. Les *Phymatoceras* de l'intervalle 16-23 pourraient indiquer un âge un peu plus récent. La récolte de l'intervalle 24-30 est très probablement de la partie inférieure de la zone à Gradata (= zone à Variabilis du domaine NW européen).

#### Mavron Oros, coupe B:

- 1.-9. *Calliphyloceras nilsoni* (Hébert), *Polyplectus pluricostatus* Haas 2 ex., *Mercaticeras* aff. *dilatatum* (Men.) 2 ex., *Mercaticeras* sp., *Phymatoceras speciosum?* (Merla), *P. aff. elegans* (Merla) 2 ex., *P. aff. iserense* (Oppel)
- 10.-14. *Hildoceras* sp. juv., *Nodicoeloceras* sp. 2 fragments
- 15.-16. *Calliphyloceras* sp. 2 ex., *Phylloceras* sp. 2 ex., *Polylectus* sp., *Hildoceras* gr. *bifrons* 6 ex., *Mercaticeras* aff. *thyrrenicum* (Fuc.) juv., *M. dilatatum?* Men. juv., *Pseudomercaticeras venzoi* Pinna 2 ex., *Phymatoceras* gr. *erbaense* (Hauer), *Crassiceras* ou *Brodiceras* sp.
- 20.-24. *Phylloceras* sp., *Phymatoceras cornucopiae* (Merla), *P. caroli* Merla, *Porpoceras* sp.
- 25.-40. *Phylloceras* sp., *Phymatoceras chelussii* (Par.e V.) 2 ex.

Les niveaux 1 à 14 correspondent à la zone à Bifrons, certaines formes de l'intervalle 15-16 pourraient être un peu plus récentes. Les ammonites de l'intervalle 20-40 sont de la zone à Gradata.

## Skandhalon:

- 17.–18. *Calliphyloceras nilsoni* (Hébert) 4 ex., *Phylloceras* sp. 4 ex., *Mercaticeras mercati* (Hauer) 2 fragments, *M. humerale* (Merla), *M. dilatatum* (Men.), *Phymatoceras iserense* (Oppel sensu Merla) 4 ex., *P.* sp. 2 fragments, *Brodiceras?* sp. juv., *Porpoceras* ou *Peronoceras* sp. 2 ex., *Polyplectus* sp. 2 ex.
24. *Phymatoceras* sp. aff. *pulchrum* (Merla) jeune exemplaire, *Pseudomercaticeras* sp., *Collina* sp. juv.
71. *Catullocheras* sp. à costulation très grossière
77. *Phylloceras* sp.

Les intervalles 17 et 18 contiennent une faune du sommet de la zone à Bifrons avec peut-être quelques éléments de la base de la zone à Gradata. Le niveau 24 appartient à la zone à Gradata. Le niveau 71 au sommet de la formation ammonitico-rosso indique la zone à Meneghinii (= zone à Pseudoradosa du domaine NW européen) du Toarcien supérieur.

L'âge de la Formation Ammonitico-Rosso déduit des ammonites se restreint à une partie du Toarcien, dans les coupes que nous avons étudiées, alors qu'il était réputé toarcien-aalénien. En effet à Mavron Oros et Skandhalon les premières ammonites, dans le tiers inférieur de l'Ammonitico-Rosso appartiennent à la zone à Bifrons (et même au sommet de la zone), soit, au Toarcien moyen. S'il y a encore en dessous deux mètres de calcaires noduleux rouges, mais sans ammonites, il est peu probable que le début de la formation corresponde à la limite Domérien-Toarcien. A Kouklessi quelques spécimens de la zone à Bifrons avaient été répertoriés vers la base des calcaires noduleux rouges (Horner 1983). De même, au sommet, le passage de l'Ammonitico-Rosso aux Calcaires à Filaments ne se situe pas à la limite Toarcien-Aalénien. A Skandhalon, 50 cm au-dessous des Calcaires à Filaments, le niveau 71 (fig. 2) appartient à la zone à Meneghinii, et la zone sus-jacente à Aalensis, toujours du Toarcien, inclut probablement le début des Calcaires à Filaments.

Si les conditions de récolte ne permettent pas une analyse paléontologique détaillée du matériel recueilli, quelques remarques intéressantes peuvent néanmoins être effectuées. Les Phylloceratidés, et à un degré moindre les Lytoceratidés, constituent une partie importante de la faune. Dans certains bancs ils sont dominants et peuvent même atteindre 75% des spécimens recueillis, dans d'autres bancs ils manquent totalement. En revanche les *Hildoceras* sont faiblement représentés, ce qui limite la finesse des interprétations stratigraphiques. Les *Mercaticeras*, assez abondants dans la partie moyenne et supérieure de la zone à Bifrons, persistent dans la zone à Gradata où ils sont relayés par les *Pseudomercaticeras*. Le groupe *P. mercati* (Hauer) bien représenté montre une importante variabilité.

Le genre *Phymatoceras* mérite une attention particulière. Chez les formes à large ombilic du groupe de *P. elegans* (Merla), de la partie moyenne de la zone à Bifrons, l'ornementation varie au cours de l'ontogenèse et on observe des formes intermédiaires avec les espèces voisines, *P. erbaense* (Hauer), *P. iserense* sensu Merla. On observe ensuite une diminution de l'ombilic et le genre se poursuit à la base de la zone à Gradata avec des formes à côtes plus flexueuses et fasciculées, voisines de *P. pulchrum* (Merla), *P. cornucopiae* (Merla) et *P. chelussii* (Pa.e Viale.).

Les Dactylioceratidés ne sont présents qu'à certains niveaux où ils peuvent être dominants; ce sont surtout des *Nodicoeloceras*, proches des formes italiennes et hongroises dans la zone à Bifrons.

En conclusion, cette faune à caractère mésogéen, rappelle celle de l'Appennin mais montre une certaine originalité notamment pour les *Phymatoceras* et les Dactylioceratidés (*Nodicoeloceras*, *Collina* et *Porpoceras*); cependant le petit nombre d'exemplaires et leur conservation oblige à la prudence dans l'interprétation paléontologique.

Du point de vue morphologique, on observe à la fois des formes platycônes à cloison peu découpée (*Mercaticeras*, *Hildoceras*), quelques oxycônes à cloison découpée mais toujours à l'état de phragmocônes (*Polyplectus*, *Harpoceras*), des formes serpenticoûnes (Dactylioceratidés ...) ainsi que des *Phylloceras*, parfois très abondants mais représentés par des nucleus avec éventuellement le début de la loge. L'ensemble suggère un milieu de plateforme carbonatée peu profonde située au voisinage d'eaux plus profondes d'où viendraient des coquilles flottées, *Phylloceras* notamment.

#### 4. Les résultats magnétostratigraphiques

L'échantillonnage magnétostratigraphique intéresse la série du sommet du Calcaire de Siniais jusqu'à base des Calcaires à Filaments pour les coupes du Mavron Oros et de Skandhalon, et du sommet des marnes rouges jusqu'à la base des Calcaires à Filaments pour la coupe de Kouklessi.

Les calcaires pélagiques rouges, notamment les ammonitico-rosso, sont de bons enregistreurs des variations du champ magnétique terrestre, en particulier de ses inversions (Channell et al. 1982; Freeman 1986; Lowrie & Heller 1982). Leur minéralogie magnétique est généralement constituée de magnétite, d'origine détritique (et peut-être biologique), et d'hématite pigmentée développée au cours de la diagenèse précoce à partir d'un précurseur telle que la goëthite. Dans les cas les plus simples, sans composante d'aimantation secondaire tardive, l'aimantation caractéristique, primaire détritique, peut être facilement isolée de la composante secondaire de diagenèse précoce, portée par le pigment d'hématite. Une analyse de la minéralogie magnétique est cependant toujours nécessaire.

Dans les faciès calcaires la méthode la plus rapide est l'analyse des courbes d'acquisition de l'aimantation rémanente isotherme (ARI) et de désaimantation thermique de l'ARI acquise (Galbrun & Butler 1986; Lowrie & Heller 1982). Cette méthode indirecte, réalisée sur la roche totale, est utilisée étant donnée la grande difficulté à extraire les minéraux magnétiques d'un calcaire pélagique induré. Des résultats typiques sont représentés sur la figure 3. Les courbes d'acquisition de l'ARI jusqu'à 1.6 Tesla (A) indiquent pour les trois spécimens la présence d'un minéral à faible coercivité, par l'acquisition rapide d'ARI jusqu'à 0.2–0.3 T, puis d'un ou de plusieurs minéraux à plus haute coercivité, la saturation de l'ARI n'étant pas atteinte à 1.6 T. Au cours de la désaimantation thermique, l'essentiel de l'ARI acquise est détruite entre 500 et 600°C, un point d'inflexion un peu après 500°C se marque bien pour deux des trois échantillons, ce point est près de 570°C pour le troisième spécimen.

Ceci est tout à fait caractéristique de la magnétite. Une aimantation résiduelle persiste au-delà de 600°C sur quelques spécimens seulement, ceci tendrait à montrer que la couleur rouge caractéristique de ces calcaires est dû à de l'hématite microcristalline en pigment avec des températures de blocage faibles. La contribution respective de ces deux phases, magnétite probablement détritique et hématite diagénétique en pigment, à l'aimantation rémanente naturelle est difficile à estimer, mais la présence de magnétite est



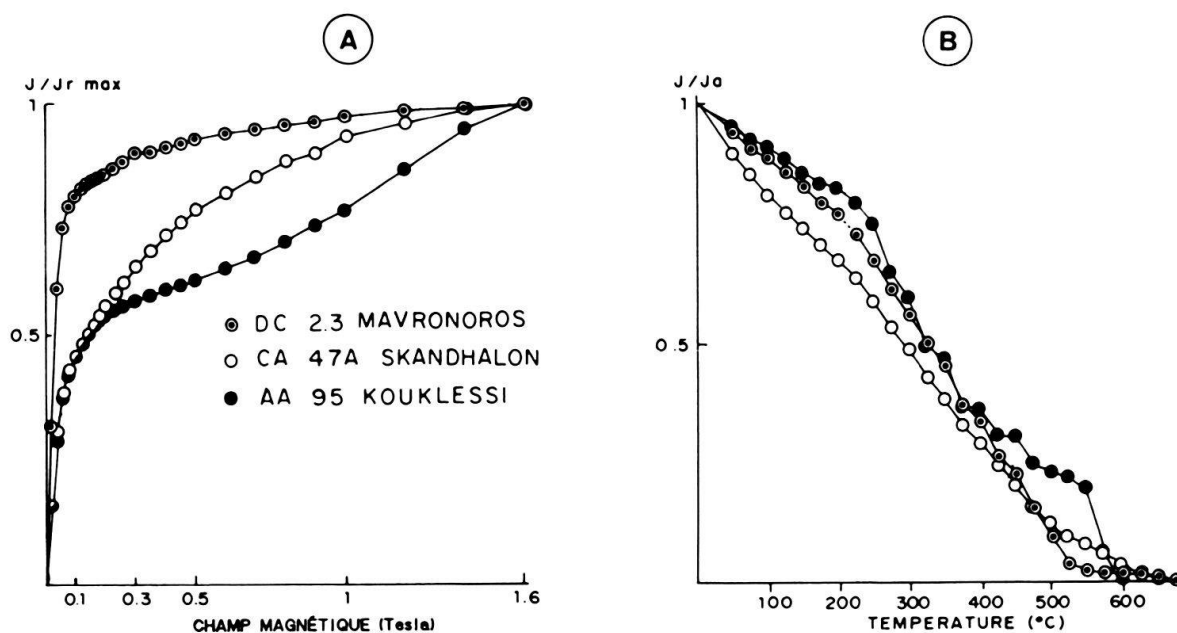


Fig. 3. Courbes d'acquisition de l'aimantation rémanente isotherme (ARI) (A) et de désaimantation thermique de l'ARI acquise à 1.6 Tesla (B). Ces courbes mettent en évidence un minéral à faible coercivité, une magnétite, et un minéral à haute coercivité, une hématite (voir détail dans le texte).

un argument favorable à la préservation d'une composante primaire dans ces calcaires ammonitico-rosso.

Toutes les mesures d'ARN ont été réalisées sur un rémanomètre cryogénique triaxial RS-01 (LETI/CEA). Le Calcaire de Siniais, étudié à Skandhalon et Mavron Oros, a une intensité d'aimantation faible de  $6.8 \cdot 10^{-5}$  à  $5 \cdot 10^{-4}$  A/m. Les calcaires noduleux rouges (ammonitico-rosso) et les Calcaires à Filaments ont des intensités d'ARN un peu plus élevées, de  $8 \cdot 10^{-5}$  à  $2.8 \cdot 10^{-3}$  A/m, les marnes rouges de Kouklessi présentent les intensités les plus élevées, jusqu'à  $6 \cdot 10^{-3}$  A/m.

Les directions d'ARN avant tout traitement et sans correction tectonique sont représentées en projection stéréographique pour chaque coupe (fig. 4). La plupart des échantillons présentent une ARN à inclinaison positive et une déclinaison moyenne vers le Nord, à l'exception de la coupe Mavron Oros A. Le groupement vers le Nord laisse supposer que la résultante de l'ARN est probablement dominée par une composante secondaire visqueuse due au champ magnétique terrestre actuel. La plus grande dispersion des directions d'ARN observée sur la coupe de Mavron Oros A est peut être due à une contribution plus faible de la composante visqueuse à l'ARN totale, bien que cela soit étonnant surtout en comparaison avec la coupe Mavron Oros B éloignée de la précédente de quelques dizaines de mètres seulement.

L'ARN de tous les échantillons a été étudiée à l'aide de la désaimantation thermique, beaucoup plus efficace que la désaimantation par champ magnétique alternatif en cas de présence de minéraux magnétiques à haute coercivité comme l'hématite. Douze échantillons pilotes par coupe ont ainsi été chauffés par pas de  $50^\circ\text{C}$  jusqu'à  $500^\circ\text{C}$ , puis à  $525$ – $550$  et  $575^\circ\text{C}$  quand l'ARN était encore d'intensité suffisante pour pouvoir être mesurée avec précision. L'évolution de l'ARN au cours de la désaimantation est analysée



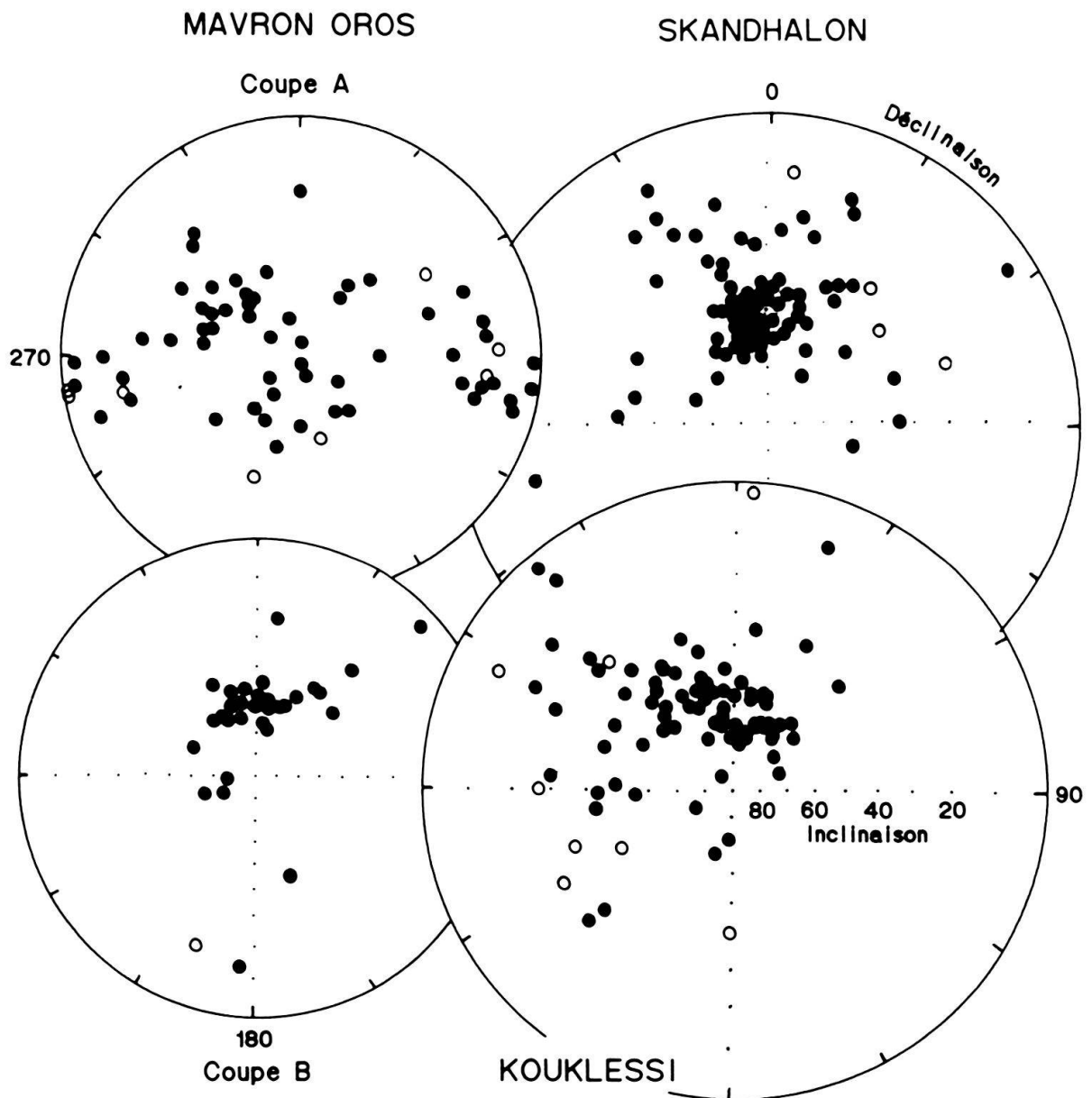


Fig. 4. Projections stéréographiques des directions d'aimantation rémanente avant tout traitement pour les trois coupes analysées (directions sans correction de pendage, les cercles noirs/blancs correspondent à la projection de l'hémisphère inférieur/supérieur).

sur des diagrammes de projections orthogonales (Zijderveld 1967). Six échantillons typiques sont représentés sur la figure 5. La plupart des spécimens ont un comportement simple et très classique. Une première composante est détruite à environ 300°C. Au-delà de cette température le vecteur aimantation se dirige selon une ligne droite vers l'origine du diagramme: une composante stable caractéristique est isolée. La seconde composante est à inclinaison positive et dirigée vers le Nord (éch. DB1.19, CA18, AA67.1), ou à inclinaison négative et dirigée vers le Sud (éch. DA2.41, CA84, AA78.1). La première composante instable est fort probablement d'origine visqueuse, une température de blocage de 300°C est très classique pour ce genre d'aimantation; une autre origine secondaire, issue

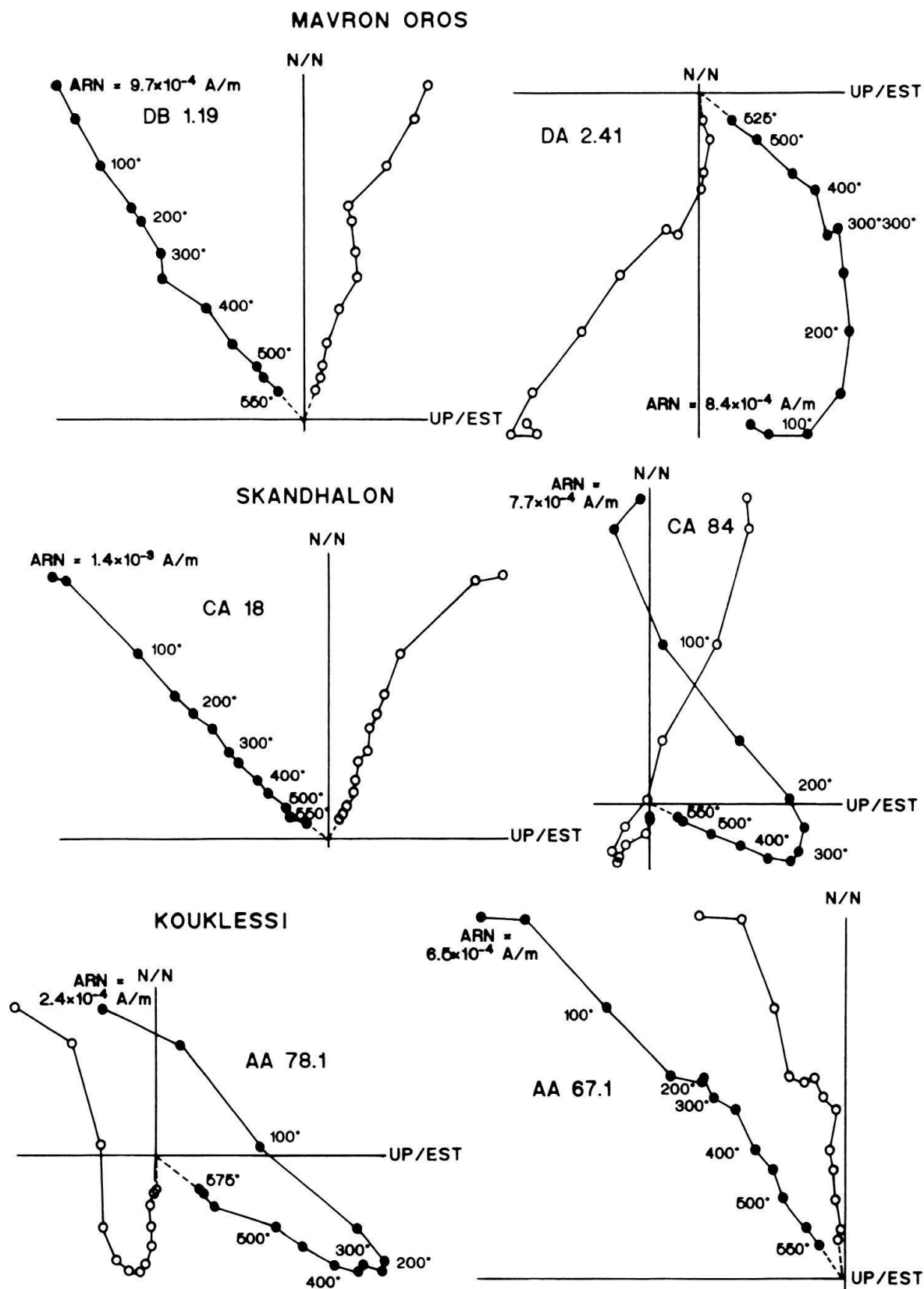


Fig. 5. Diagrammes de projections orthogonales du vecteur aimantation rémanente au cours de la désaimantation thermique. Sur tous les diagrammes une composante stable inverse ou normale est isolée au-delà de 300°C (les points noirs/blancs représentent la projection dans le plan vertical/horizontal).

en particulier de l'hématite pigmentaire, ne peut être totalement exclue mais est très improbable. La seconde composante est sans aucun doute primaire et représente la polarité du champ magnétique terrestre régnant au moment du dépôt. Le caractère détritique est attesté par la température maximale de blocage de cette composante, 550–575°C, le minéral porteur est la magnétite. Aucun échantillon calcaire ne présentait une intensité d'aimantation suffisante au-delà de 600°C pour pouvoir être mesuré. Les marnes rouges de Kouklessi présentent un comportement identique, mais la composante stable persiste au-delà de 600°C. Rares sont les échantillons du Calcaire de Siniais, sauf ceux de la coupe de Skandhalon où ils étaient un peu plus aimantés, sur lesquels une composante stable a pu être isolée. L'échantillon DA2.41 (fig. 5) de la coupe Mavron Oros A présente un comportement quelque peu différent: deux composantes instables semblent présentes. Une première est détruite à 100–150°C, la seconde, sans doute la visqueuse, est détruite vers 300–350°C. Là est peut être l'explication de la plus grande dispersion des directions d'ARN sur cette coupe, mais il n'y a pas d'autres données pour expliquer la présence d'une composante très instable si localisée.

Au vu des résultats de l'étude des échantillons pilotes, tous les autres échantillons (au total 96 à Kouklessi, 94 à Skandhalon et 139 à Mavron Oros sur les trois paliers de la carrière) ont été traités à 5 ou 6 pas de désaimantation dans l'intervalle de stabilité (400–500°C). Les paléodirections ont été calculées par une analyse en composantes principales (Kirschvink 1980), elles sont représentées (fig. 6) pour chaque coupe. Chaque section présente bien deux groupements antipodaux de polarité normale ou inverse, avec quelques échantillons de polarité intermédiaire. La plupart des échantillons des marnes rouges de Kouklessi montrent une direction vers le NW, cela traduit peut être un nettoyage magnétique insuffisant. La moyenne des paléodirections pour chaque coupe est présentée dans tableau 1, avec les paramètres statistiques habituels (Fisher 1953), après exclusion des échantillons de polarité intermédiaire et après avoir ramené toutes les

N	Décll.	Incll.	$\alpha_{95}$	k	Paléolat.
MAVRON OROS Coupe A					
42	11 (336)	45 (60)	4.8 (4.7)	22.1 (22.8)	26
MAVRON OROS Coupe B					
30	2 (328)	44 (55)	3.1 (3.1)	71.9 (72.5)	25
SKANDHALON					
76	23 (335)	47 (61)	2.3 (2.2)	52.8 (54)	28
KOUKLESSI Marnes rouges					
23	340 (339)	42 (55)	12.4 (13.7)	7 (5.9)	24
KOUKLESSI Calcaires noduleux					
64	15 (23)	45 (59)	3.4 (3.5)	27.7 (26.5)	26

Tab. 1. Directions moyennes de l'aimantation caractéristique pour chaque coupe après correction de pendage (les valeurs entre parenthèses sont les directions et paramètres statistiques avant correction de pendage).

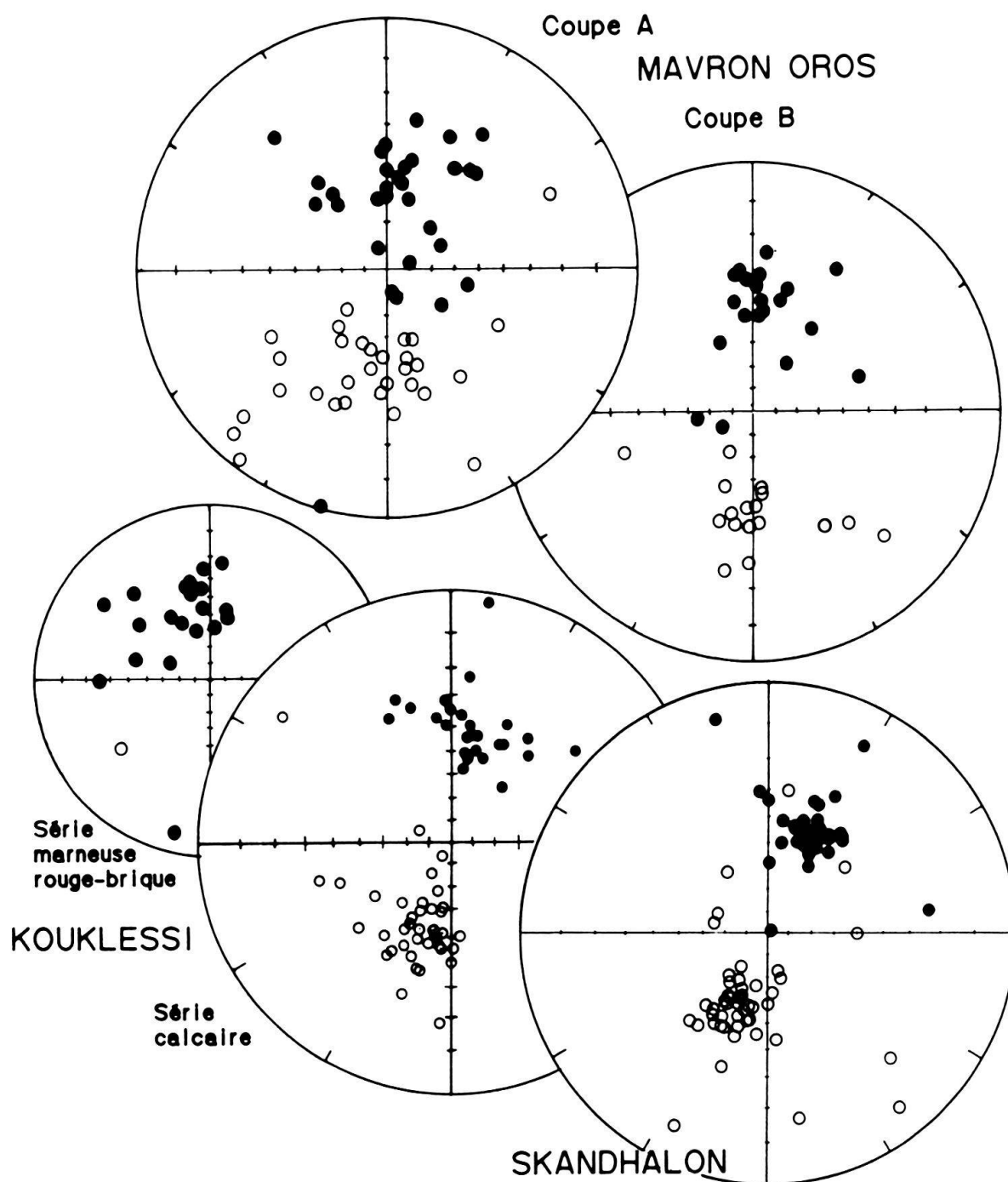


Fig. 6. Projections stéréographiques des directions de l'aimantation rémanente caractéristique (directions avec correction de pendage, les cercles noirs/blancs correspondent à la projection de l'hémisphère inférieur/supérieur). Sur les trois coupes la distinction entre les échantillons à polarité normale et ceux à polarité inverse est aisée.

mesures vers l'hémisphère Nord. Il faut noter l'homogénéité des résultats obtenus, à l'exception des marnes rouges de Kouklessi, qui indique pour les quatre site des paléolatitudes variant entre 25 et 28°.

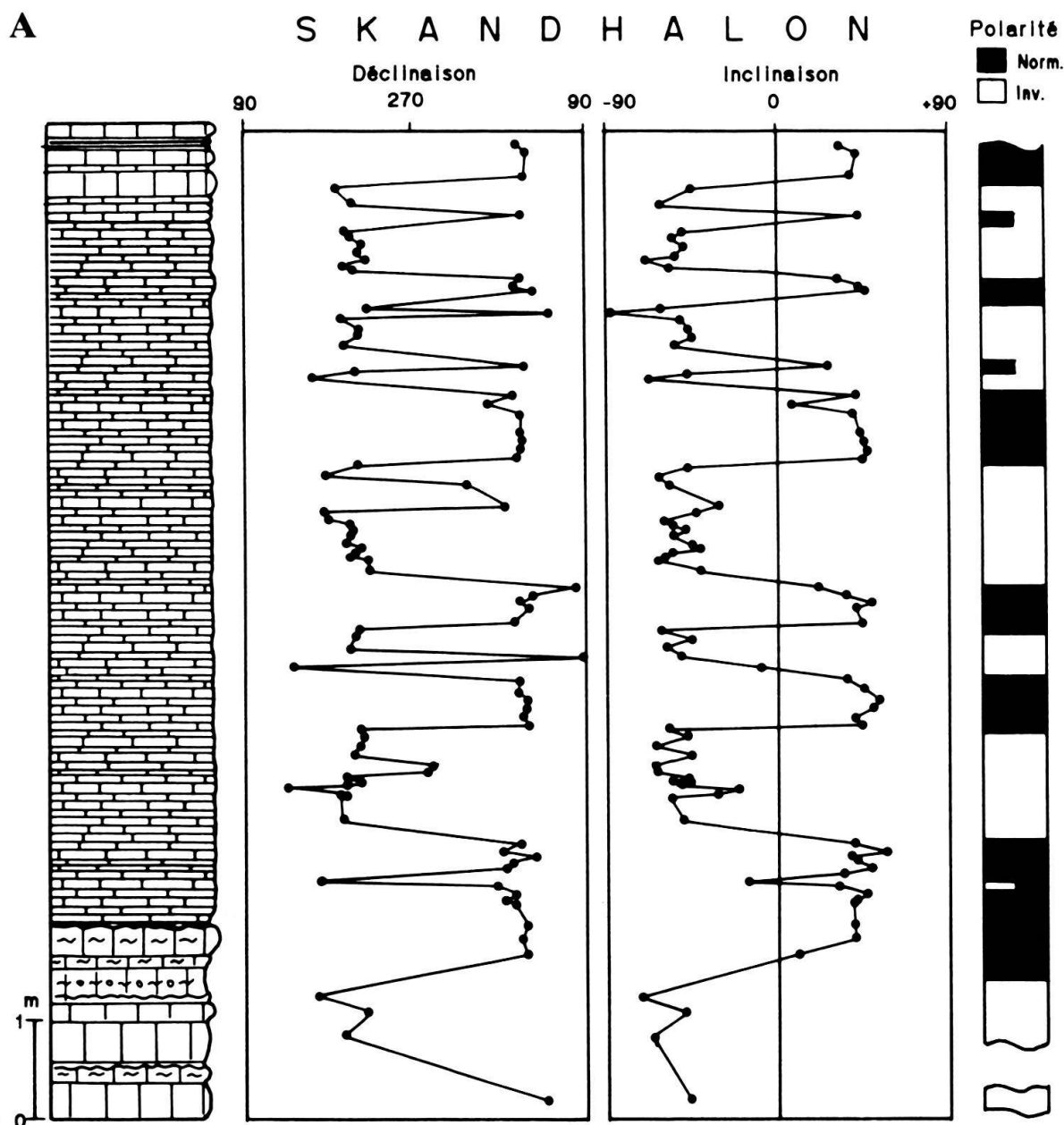
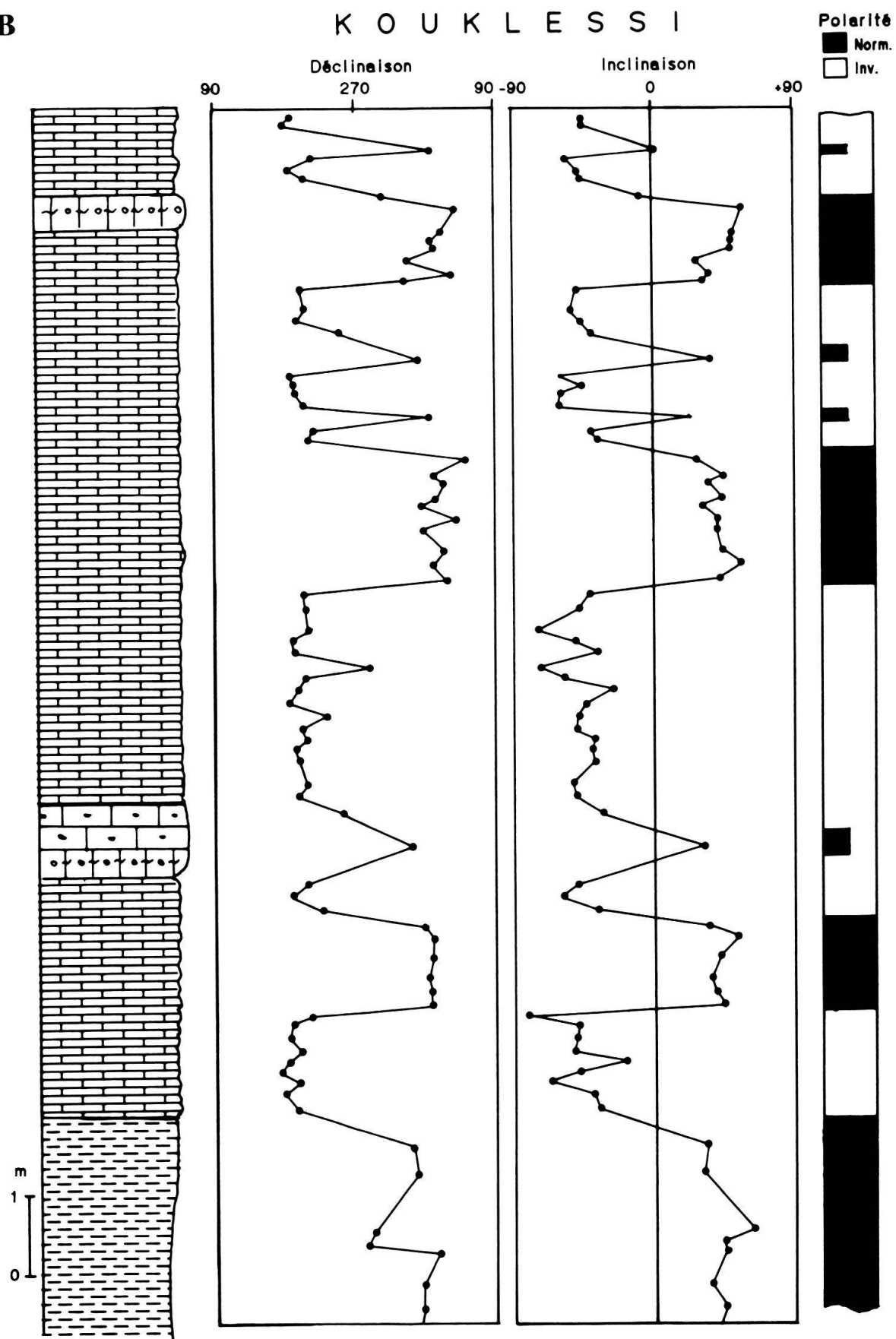


Fig. 7. Lithologies, directions de l'aimantation rémanente caractéristique (déclinaison et inclinaison) et séquences de polarité magnétique établies sur les coupes de Skandhalon (A) et Kouklessi (B).

Les paléodirections calculées, reportées en regard des colonnes lithologiques, permettent de proposer une séquence de polarité magnétique sur chaque coupe. Sur la figure 7 sont reportées ces directions pour les coupes de Skandhalon (A) et Kouklessi (B), la même démarche a été effectuée pour les coupes de Mavron Oros dont les séquences de polarité sont représentées sur la figure 8 de synthèse. La plupart des zones de polarité sont fondées par plusieurs spécimens, celles qui ne sont définies que par un seul échantillon sont représentées par une demie barre dans la colonne des polarités.

**B**



La coupe de Kouklessi avait déjà fait l'objet d'une étude magnétostratigraphique du Calcaire de Siniais aux Calcaires à Filaments (Horner 1983). La séquence de polarité que nous proposons sur les calcaires noduleux de l'Ammonitico-Rosso est conforme à celle présentée dans cette étude antérieure.

## 5. Corrélations biostratigraphie-magnétostratigraphie

Des corrélations magnétostratigraphiques entre les différentes coupes de l'Ammonitico-Rosso d'Epire peuvent être tentées. Un tel essai est présenté sur la figure 8, ainsi qu'une corrélation avec la séquence des polarités magnétiques établie sur la section d'Izmalloz dans les Cordillères bétiques (Galbrun et al. 1990). Pour cette section sont présentées la biozonation d'ammonites du domaine bétique (Jimenez & Rivas 1979) ainsi que la corrélation avec la récente proposition de zonation standard du domaine téthysien (Elmi et al. sous presse).

De telles corrélations entre séquences doivent tenir compte des données biostratigraphiques et de l'identité entre les séquences de polarité. Dans le cas de notre étude les données biostratigraphiques sont peu nombreuses. Les séries ammonitico-rosso, condensées, avec sans doute des hiatus, présentent des variations importantes du taux de sédimentation, et l'établissement de corrélations reposant sur les durées relatives d'un signal binaire, normal ou inverse (noir ou blanc), est un exercice difficile. Un schéma est proposé (fig. 8), d'autres sont possibles.

Ainsi les corrélations entre les coupes Mavron Oros A et B sont déjà difficiles à établir, alors que ces coupes sont très proches l'une de l'autre. Les hiatus d'affleurement et les zones de polarité définies par un seul échantillon compliquent le travail. La limite entre les zones à Bifrons et Gradata, limite cependant marquée par une zone d'incertitude, est commune aux coupes Mavron Oros A et B. Il apparaît déjà une contradiction: à Mavron Oros A le sommet de la zone à Bifrons est dans une zone à polarité normale, alors qu'à Mavron Oros B il est dans une zone inverse. Malgré cette apparente contradiction les séquences de polarité sont assez comparables, en particulier le sommet de la Formation Ammonitico-Rosso sur les deux coupes est plutôt à polarité inverse avec quelques zones courtes à polarité normale.

La comparaison des coupes Mavron Oros A et B avec la section de Skandhalon est assez aisée, en particulier la partie inférieure de la section où dans quelques niveaux ont été trouvées des ammonites des zones à Bifrons et Gradata. D'après ces corrélations la base de la Formation Ammonitico-Rosso à Mavron Oros montre une séquence avec un nombre plus important de zones de polarité qu'à Skandhalon. Le début de cette formation y serait donc plus ancien. De même au sommet la séquence de Skandhalon présente plus d'inversions de polarité sous les Calcaires à Filaments qu'à Mavron Oros. Il y a plusieurs schémas de corrélations possibles suivant qu'on prend comme postulat le synchronisme de la limite entre l'Ammonitico-Rosso et les Calcaires à Filaments, ou qu'on considère qu'il peut y avoir un hiatus important entre ces deux formations à Mavron Oros. En l'absence de hiatus, la courte zone normale juste au dessus d'un niveau ayant fourni des ammonites de la zone à Meneghinii à Skandhalon, devrait correspondre à la longue zone normale qui marque le début des Calcaires à Filaments à Mavron Oros. Cette corrélation implique cependant des variations importantes du taux de sédimentation. La solution est peut-être un compromis entre les deux possibilités: léger hiatus à Mavron Oros des

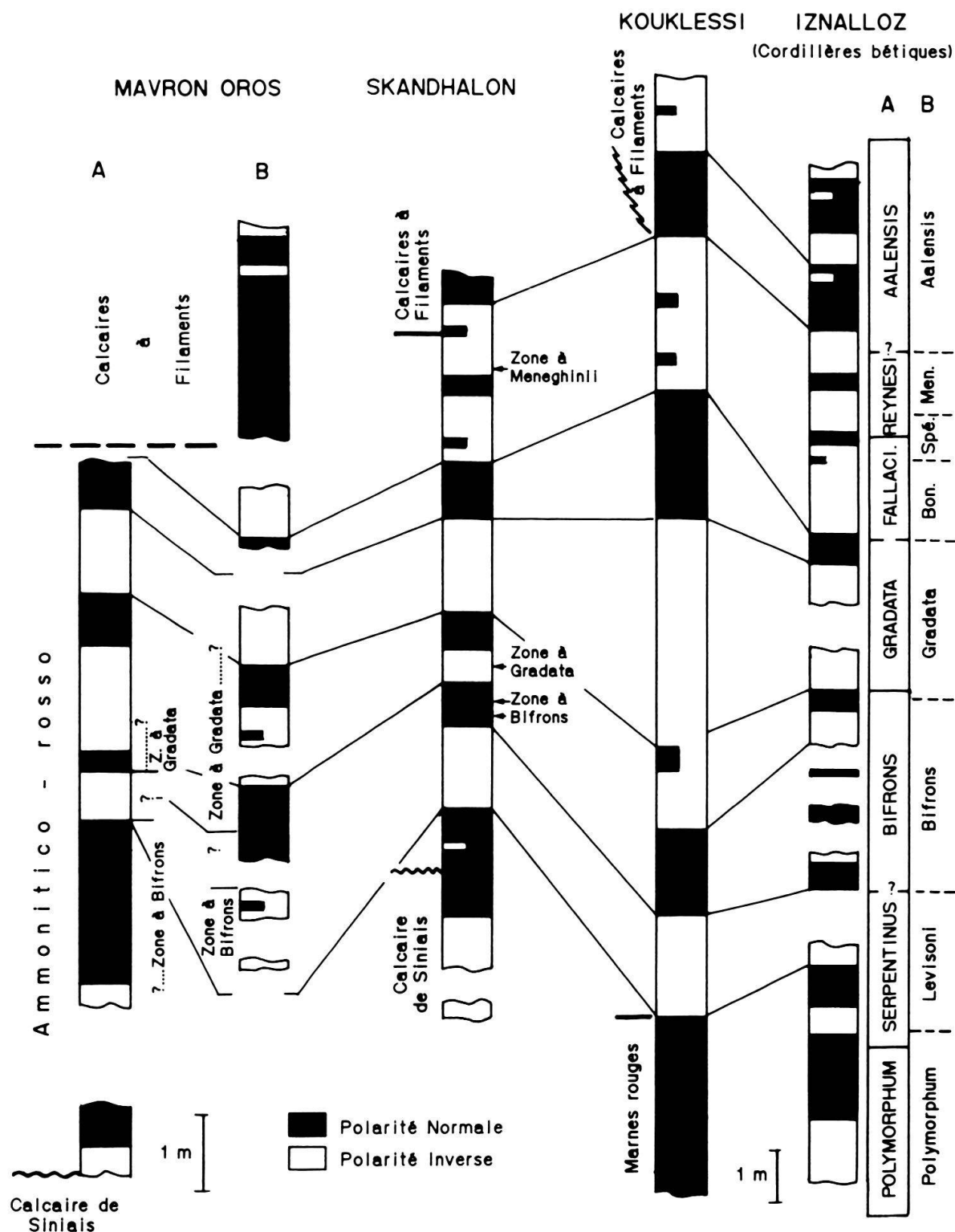


Fig. 8. Essai de corrélations magnétostratigraphiques entre les coupes de la Formation Ammonitico-Rosso d'Épire et la section d'Iznalloz (Cordillères bétiques, Espagne) (Galbrun et al. 1990). Sur cette dernière section sont indiquées en A les zones d'ammonites qui réfèrent à la biozonation du domaine bétique (Jimenez & Rivas 1979), et en B la possible corrélation avec la zonation standard du domaine téthysien (Elmi et al., sous presse).

niveaux proches de la zone à Meneghinii et faible diachronisme de la limite entre l'Ammonitico-Rosso et les Calcaires à Filaments, la base de cette dernière formation marquant le début d'une zone normale à Mavron Oros alors qu'elle se situe dans une zone inverse à Skandhalon. Ces diachronismes des limites de l'Ammonitico-Rosso dans deux sections appartenant à la même unité paléogéographique, la zone ionienne externe, est compatible avec l'hypothèse géodynamique d'une distension. Celle-ci n'est pas absolument synchrone sur toute la largeur de la marge pas plus que le taux de thermosubsidence qui l'effondre.

La comparaison avec la coupe de Kouklessi est fondée sur les séquences de polarité et le niveau vers la base des calcaires noduleux attribué antérieurement à la zone à Bifrons (Horner 1983). Bien que la Formation Ammonitico-Rosso calcaire y soit plus épaisse que dans les deux autres coupes, la comparaison semble aisée avec la coupe de Skandhalon. La zone inverse qui marque le début des calcaires noduleux, au dessus de la série marneuse rouge, correspond à la zone inverse de Skandhalon immédiatement sous les niveaux datés de la zone à Bifrons. Les 7 m de marnes rouges que nous avons analysés sont essentiellement à polarité normale, un seul échantillon est franchement inverse (il n'apparaît pas sur la figure 8 où n'est représentée que la partie sommitale de ces marnes). En suivant les corrélations, cette apparente longue zone normale correspond à une zone épaisse de 2 m seulement à Mavron Oros, cette différence s'explique par la variabilité des lithologies, les marnes rouges traduisant fort probablement une décharge détritique brutale et ne comporteraient pas de fréquents hiatus sédimentaires alors qu'ils abondent dans les calcaires ammonitico-rosso. Au sommet le passage vers les Calcaires à Filaments est progressif, nous établissons l'absence d'un diachronisme important entre Skandhalon et Kouklessi. Ceci est un résultat géodynamique important. La suite de la série sédimentaire traduirait la stabilité progressive du sillon ionien, la phase paroxysmale du rifting semblant s'achever avec le dépôt des Calcaires à Filaments.

Enfin des corrélations avec la séquence d'Iznalloz sont suggérées. Elles reposent tout d'abord sur la mise en corrélation des niveaux à ammonites avec la zonation standard. La séquence de Skandhalon montre la plus grande analogie avec celle d'Iznalloz qui présente au sommet du Toarcien un plus grand nombre de zones de polarité, ou du moins, des zones bien définies à Iznalloz ne le sont à Skandhalon et Kouklessi que par un seul échantillon. Cela est dû sans doute au plus fort taux de sédimentation des calcaires ammonitico-rosso d'Iznalloz, où le Toarcien atteint 20 m de puissance alors qu'il ne dépasse pas 12 m dans la zone ionienne.

Les corrélations proposées permettent de préciser l'extension de l'Ammonitico-Rosso sur chacune des coupes analysées. A Mavron Oros, la base de cette formation se situerait dans le Toarcien inférieur (zone à Polymorphum), à Skandhalon elle se situerait également dans le Toarcien inférieur mais un peu plus haut, dans la zone à Levisoni, ceci n'est pas en désaccord avec le niveau attribué à la zone à Bifrons vers la base de ces calcaires (Horner 1983). Le sommet de l'Ammonitico-Rosso, à Mavron Oros se placerait vers la base du Toarcien supérieur. A Skandhalon et Kouklessi ce sommet serait un peu plus jeune et se situerait vers la base de la zone à Aalensis, dernière zone du Toarcien.

## 6. Conclusion

Cette étude magnétostratigraphique et biostratigraphique apporte des éléments nouveaux sur la chronostratigraphie de la Formation Ammonitico-Rosso d'Épire:

- 1 Les ammonites ne sont présentes qu'en de rares niveaux, essentiellement du Toarcien moyen (zone à Bifrons et Gradata), un niveau du Toarcien supérieur (zone à Meneghinii) a été mis en évidence à Skandhalon. La Formation Ammonitico-Rosso était réputée d'âge toarcien-aalénien, il semblerait qu'elle ne recouvre qu'une partie du Toarcien, partie variable suivant les secteurs. Ainsi à Mavron Oros elle s'étendrait du Toarcien inférieur à la base du Toarcien supérieur, à Skandhalon elle couvrirait le sommet du Toarcien inférieur jusqu'à la base de la zone à Aalensis. La base de l'Ammonitico-Rosso est ainsi un peu plus jeune à Skandhalon, ces deux coupes appartiennent à la zone ionienne externe et il ne faut voir dans ce léger diachronisme qu'un effet local et ne pas en tirer de conclusions plus larges sur le début de l'instabilité et l'extension ionienne après la période de calme relatif que traduit le Calcaire de Siniais. Une telle comparaison serait plus intéressante avec Kouklessi en zone ionienne moyenne, mais le faciès est différent et l'épaisse série de marnes rouges qui succède au Calcaire de Siniais n'a pu être étudiée entièrement.
- 2 Une séquence des polarités magnétiques est établie pour trois coupes (deux en zone ionienne externe, une en zone ionienne moyenne). Les corrélations entre ces séquences sont rendues difficiles par les variations du taux de sédimentation et la discontinuité de certains affleurements. Elles permettent cependant de préciser l'extension de l'Ammonitico-Rosso et de fournir des éléments de datation pour la section de Kouklessi, pratiquement dépourvue d'ammonites alors que cette coupe est considérée comme la coupe type de l'Ammonitico-Rosso d'Épire, à juste titre car c'est la plus épaisse et elle offre une continuité d'affleurement satisfaisante.
- 3 Le diachronisme du début des Calcaires à Filaments entre Mavron Oros et Skandhalon peut être dû à une cause très localisée, comme le mouvement tardif entre deux blocs basculés voisins. Entre Skandhalon et Kouklessi, donc entre zone ionienne externe et zone ionienne moyenne, nous établissons un synchronisme pour le début de cette formation (base de la zone à Aalensis du Toarcien supérieur). Ceci suggérerait que la phase paroxysmale de la distension prend fin au même moment dans ces deux zones paléogéographiques.

## Remerciements

Cette étude a été entreprise dans le cadre du programme «G. S. TĚTHYS», nous en remercions tous les partenaires. T. Danelian tient également à remercier la «Fondation du 450<sup>e</sup> anniversaire». Les ammonites ont été essentiellement récoltées par D. Champion. Merci à L. Daly, Directeur du Laboratoire de Géomagnétisme de l'Université Paris VI dans lequel ont été effectuées les analyses d'ARI. Notre reconnaissance va également à F. Heller et M. Westphal pour leurs commentaires sur notre manuscrit.

## BIBLIOGRAPHIE

- AUBOUIN, J. 1957: Essai de corrélation stratigraphique en Grèce occidentale. Bull. Soc. Géol. France 6, VII, 281-304.
- 1958: A propos de la série adriatico-ionienne. Essai de corrélation stratigraphique en Épire. Ann. Géol. Pays Hell. IX, 171-184.

- 1959: Contribution à l'étude géologique de la Grèce septentrionale: les confins de l'Epire et de la Thessalie. *Ann. Géol. Pays Hell.* X, 1–483.
- 1964: Réflexions sur le faciès «Ammonitico Rosso». *Bull. Soc. Géol. France* 7, IV, 475–501.
- BAUDIN, F. 1989: Caractérisation géochimique et sédimentologique de la matière organique du Toarcien téthysien (Méditerranée, Moyen-Orient), significations paléogéographiques. Thèse de l'Université P. et M. Curie. *Mém. Sci. de la Terre* 89–30.
- BAUDIN, F. & LACHKAR, G. 1990: Géochimie organique et palynologie du Lias supérieur de la zone ionienne (Grèce). Exemple d'une sédimentation anoxique conservée dans une paléo-marge en distension. *Bull. Soc. Géol. France* 8, VI, 123–132.
- BERNOULLI, D. & RENZ, O. 1970: Jurassic carbonates and new Ammonite faunas from western Greece. *Eclogae geol. Helv.* 63, 573–607.
- BORNOVAS, J. 1964: Geological study of Leikas Island. I. G. R. S. Athènes, 10/1.
- BRUNN, J. H. 1956: Contribution à l'étude géologique du Pinde septentrional et d'une partie de la Macédoine occidentale. *Ann. Géol. Pays Hell.* VII.
- CECCA, F., FOURCADE, E. & AZÉMA, J. 1993: The disappearance of the «Ammonitico Rosso». *Paleogeog. Paleoclim. Paleoecon.* 99, 55–70.
- CHANNELL, J. E. T., FREEMAN, R., HELLER, F. & LOWRIE, W. 1982: Timing of diagenetic haematite growth in red pelagic limestones from Gubbio (Italy). *Earth Planet. Sci. Lett.* 58, 189–201.
- CHANNELL, J. E. T., LOWRIE, W., PIALI, P. & VENTURI, F. 1984: Jurassic magnetic stratigraphy from Umbrian (Italian) land sections. *Earth Planet. Sci. Lett.* 68, 309–325.
- DANELIAN, T. 1989: Radiolaires jurassiques de la zone ionienne (Epire, Grèce). Paléontologie, stratigraphie, implications paléogéographiques. Thèse de l'Université P. et M. Curie. *Mém. Sci. de la Terre* 89–25.
- DANELIAN, T., DE WEVER, P. & VRIELYNCK, B. 1986: Datations nouvelles fondées sur les faunes de radiolaires de la série Jurassique des Schistes à Posidonies (zone ionienne, Epire, Grèce). *Rev. Paléobiologie* 5, 37–41.
- DERCOURT, J., MAKHRIS, J. & MELIDONIS, N. 1979: Grèce. In: *Géologie des pays européens*. Editions Dunod, Paris, 341–383.
- DERCOURT, J., RICOU, L. E. & VRIELYNCK, B. 1993: *Atlas Tethys Palaeoenvironmental Maps*. Editions Gauthier-Villars, Paris.
- DERCOURT, J. & THIEBAULT, F. 1977: Creation and evolution of northern margin of the Mesogean Ocean between Africa and Apulia in the Peloponnesus (Greece). *IV Coll. Geol. Aegean Regions III*, 1313–1332.
- ELMI, S., GABILLY, J., MOUTERDE, R., RULLEAU, L. & ROCHA, R. B.: L'étage Toarcien de l'Europe et de la Téthys; divisions et corrélations. *Géobios*, sous presse.
- FARINACCI, A. & ELMI, S. 1981: Rosso Ammonitico Symposium, Proceedings. Edizioni Tecnoscienza, Roma.
- FISHER, R. A. 1953: Dispersion on a sphere. *Proc. R. Soc. A* 217, 295–305.
- FREEMAN, R. 1986: Magnetic mineralogy of pelagic limestones. *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 85, 433–452.
- GALBRUN, B. 1993: Contribution à la connaissance de l'échelle magnétostratigraphique du Mésozoïque. Habilitation à Diriger des Recherches, Université P. et M. Curie, *Mém. Sci. de la Terre* 93/01.
- GALBRUN, B., BAUDIN, F., BASSOULLET, J. P., DÉPÊCHE, F., EMMANUEL, L., LACHKAR, G., RENARD, M., RIVELINE, J., GABILLY, J., HANTZPERGUE, P., MANIVIT, H. & RUGET, C.: Stratigraphie intégrée du Toarcien stratotypique (Coupes de Thouars et Airvault, Deux-Sèvres, France). *Géobios*, sous presse.
- GALBRUN, B., BAUDIN, F., FOURCADE, E. & RIVAS, P. 1990: Magnetostratigraphy of the Toarcian ammonitico rosso limestone at Iznalloz, Spain. *Geophys. Res. Lett.* 17, 2441–2444.
- GALBRUN, B. & BUTLER, R. F. 1986: Curie temperature analyses of upper Jurassic and lower Cretaceous pelagic limestones. *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 86, 885–892.
- GALBRUN, B., GABILLY, J. & RASPLUS, L. 1988: Magnetostratigraphy of the Toarcian stratotype at Thouars and Airvault (Deux-Sèvres, France). *Earth Planet. Sci. Lett.* 82, 453–462.
- HORNER, F. 1983: Palaeomagnetismus von Karbonatsedimenten der südlichen Tethys: Implikationen für die Polarität des Erdmagnetfeldes im unteren Jura und für die Tektonik der Ionischen Zone Griechenlands. *Dokt. Diss. ETH Zürich* 7354.
- HORNER, F. & HELLER, F. 1983: Lower Jurassic magnetostratigraphy at the Breggia Gorge (Ticino, Switzerland) and Alpe Turati (Como, Italy). *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 73, 705–718.
- IGRS-IFP 1966: Etude géologique de l'Epire (Grèce Nord-occidentale). Edition Technip, Paris.
- JIMENEZ, A. P. & RIVAS, P. 1979: El Toarciense en la zona Subbética. *Cuad. Geol.* 10, 397–411.
- KIRSCHVINK, J. L. 1980: The least-square line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophys. J. R. astr. Soc.* 62, 699–718.
- KOTTEK, A. V. 1966: Die Ammonitenabfolge des griechischen Toarciums. *Ann. Géol. Pays Hell.* 17, 1–157.

- LOWRIE, W. & HELLER, F. 1982: Magnetic properties of marine limestones. *Rev. Geophys. Space Phys.* 20, 171–192.
- MOUTERDE, R. & ELMI, S. 1991: Caractères différentiels des faunes d'ammonites du Toarcien des bordures de la Téthys. Signification paléogéographique. *Bull. Soc. Géol. France* 162, 1185–1195.
- POMONI-PAPAIOANNOU, F. & TSAILA-MONOPOLIS, S. 1983: Petrographical, sedimentological and micropaleontological studies of an evaporite outcrop west of the Ziros lake (Epirus-Greece). *Riv. Ital. Paleontol. Stratigr.* 88, 387–400.
- RENZ, C. 1955: Die vorneogene Stratigraphie der normaledimentären Formationen Griechenlands. *Memoir Inst. Géol. Subs. Res. Athènes*.
- ZIJDVELD, J. D. A. 1967: A. C. demagnetization of rocks: Analysis of results. In: *Methods in Paleomagnetism* (Ed. by COLLINSON D. W., CREER K. M. & RUNCORN S. K.). Elsevier, Amsterdam, 254–286.

Manuscrit reçu le 13 octobre 1992

Révision acceptée le 16 août 1993



